



TITLE:

# イギリス産業革命期における製鉄業技術の発展段階

AUTHOR(S):

坂本, 和一

---

CITATION:

坂本, 和一. イギリス産業革命期における製鉄業技術の発展段階. 経済論叢 1967, 99(2): 203-220

ISSUE DATE:

1967-02

URL:

<https://doi.org/10.14989/133179>

RIGHT:

# 經濟論叢

第九十九卷 第二號

---

ペイズの決定関数 .....	鎌倉昇	1
セールスマンシップ論の成立 .....	橋本勲	15
イギリス産業革命期における 製鉄業技術の発展段階 .....	坂本和一	33
「貨幣の資本への転化」と宇野理論 .....	松石勝彦	51

---

昭和四十二年二月

京都大學經濟學會

# イギリス産業革命期における 製鉄業技術の発展段階

坂 本 和 一

## I は じ め に

周知のように、1770年代にはじまったイギリスの産業革命は、おそくとも1840年代までには一段落をとげ、世界にさがかけて工場制生産が社会的生産を規定する産業資本主義の社会を確立した。この過程では、一方で綿工業が主導的役割をはたすと同時に、他方では機械体系にもとづく生産力の展開をささえる生産手段生産部門が確立され、そのなかでも生産手段のためのもっとも基本的な素材を提供する製鉄業が基礎的産業としての役割をはたすようになってくる。さしあたり、このイギリス産業革命の完成期という時期的断面に焦点をすえながら、この製鉄業における資本制経営の発展段階を確定することが本稿の意図である。

さて、製鉄業の発展過程の分析視点については、T. S. アシュトンの命題がすでに通説として認められているように思われる。ここでアシュトンの考え方を要約するに、(1) イギリス製鉄業の経営は技術的に規定された大規模性のために本来的に資本制的に、しかも現代的工業の場合とおなじ諸条件のもとで、つまり工場制生産としておこなわれてきた、(2) したがって18世紀における著しい技術的変革にもかかわらず、経営の構造にも組織にも本質的变化はおこらなかったということである<sup>1)</sup>。しかし、このような考え方に対しては2つの点で問題を提示することができる。まず第1に、経営の大規模性ということはそれが資本制的であることをかならずしも意味しない。ここでは、この大規模経営が資

1) Ashton, T. S., *Iron and Steel in the Industrial Revolution*, 1924, p. 1.

本制的であるのかどうかとわれねばならない<sup>2)</sup>。第2に、一步ゆずってこの大規模経営がすでに資本制経営であったとしても、それが工場制段階の経営であるということとかならずしも一致しない。ここでは、この大規模経営がはたして工場であるのかあるいはその前段階のマニュファクチュアであるのかとわれねばならない。さしあたりここでわたしがあつかおうとするのは、第2の問題である。

ところで、アシュトンの考え方には、資本制経営としての工場とマニュファクチュアとを段階区分する視角がまったく欠けていることが特徴的である。このことは、アシュトンが産業革命期における経営の形態変化の典型として繊維工業の場合を示すとき、「家内工業制度」domestic system→「工場制度」factory system という単純な発展段階の把握をしていることにあらわれている<sup>3)</sup>。しかし、このように工場とマニュファクチュアを段階区分しえない視角から、本来的にある程度の協業を技術的に規定されている製鉄業経営を考察するときには当然、それははじめから工場制生産としておこなわれてきたのであると説明されざるをえなくなるであろう。こうして、製鉄業発達史の研究においては、とくに18世紀後半にみられる著しい技術的変革にもかかわらず、経営形態の発展段階を規定する試みは放棄されることになったのである。

これに対して、小営業→マニュファクチュア→工場という資本制経営の発展段階規定に立脚して<sup>4)</sup>、製鉄業経営の発展過程をもう一度みなおし、産業革命完成期における経営の発展段階を確定することがわたしの意図である。とくにここでは、マニュファクチュアと工場との段階区分を明確にすることが問題であるため、労働手段の発展段階を規定することに説明の主力がそがれること

2) この第1の問題を追求したものとしては、外池正治、英国鉄工業の発展過程に関する一考察、「一橋論叢」第35巻第3号、1956年3月；大河内曉男「近代イギリス経済史研究」1963年、第5章を参照。

3) Ashton, *op. cit.*, p. 1. しかし、現在では一般に認められているように、工場制生産の確立する前段階には「家内工業」＝小営業のなかからのマニュファクチュアの発展が繊維工業でもっとも典型的にみられたのである。さしあたり、大塚久雄「近代資本主義の系譜」上、1961年、第4問屋制度の近代的形態；大塚久雄，総説，「西洋経済史講座」Ⅱ，1961年；堀江英一，イギリス綿業マニュファクチュアの企業構造，「経済論叢」第96巻第3号，1965年9月を参照。

4) くわしくは、堀江英一「改訂産業資本主義の構造理論」1962年、第3章参照。

になる。その場合、これまでのように、18世紀の一連の技術的変革を経営形態の本質的な発展から分離してたんに経営規模と生産力の量的発展に解消するのではなく、この技術的変革をまさに労働手段の質的发展を規定する契機として位置づけ、これによって技術的変革と経営形態の質的发展との規定関係をあきらかにすることがわたしの主要視点である<sup>5)</sup>。

## II 労働過程と労働手段

〔1〕労働過程の類型 はじめに、労働過程と労働手段についての基本的な考え方をかんたんに説明しておく必要がある。まず労働過程についていえば、それは、本源的に天然に存在している素材が完成生産物となり消費されるにいたるまでに、それに順次に加えられていく労働の特徴にしたがって、その内容を質的に異にする3つの類型＝段階的過程にわけられる。すなわち第1は、天然に本源的に存在している素材を天然から分離し採取する過程＝採取過程、第2は、天然から採取された生産物を労働対象＝原料として、それが内在的にもっている自己変化能力を顕在化させることによって、これを質的に新しい生産物に転化させる過程＝助成過程、第3は、第2段階でえられた生産物を労働対象として、それに加工＝形状変化をほどこすことによって有用生産物をえる過程＝加工過程、これら3つの類型である<sup>6)</sup>。

さて、製鉄業の労働過程は一ことでいえば、鉄鉱石中の酸化鉄を

酸化鉄（鉄鉱石）＋炭素（木炭）→金属鉄＋二酸化炭素（炭酸ガス）

という定式で示されるような化学反応を利用して還元し、金属鉄を抽出すること<sup>7)</sup>、および抽出された鉄塊を広範な用途に役立つように一定の形状に成形す

5) このような視点については、さらに外池正治、前掲論文；桑原莞爾、産業革命期におけるイギリス製鉄業の技術的変革、「西洋史研究」第9号、1966年を参照。

6) 三戸公「装置工業論序説」1957年、5-7ページ参照。ただし、3つの過程の名称については筆者の判断で、第1段階の「獲得行程」を採取過程に、第3段階の「製作行程」を加工過程に変えてある。なお、この節をまとめるにさいして、多くの点で三戸公氏の前掲書、第1、2章を参考にさせていただいたことを記しておかねばならない。

7) Schubert, H. R., *History of the British Iron and Steel Industry from c. 450 B. C. to A. D. 1773*, 1957, p. 236.

ることに帰する。これをいま説明した労働過程の類型にてらしてみると、いうまでもなくこの過程の前半は助成過程に、後半は加工過程に属しており、したがって製鉄業は本来的に労働過程の2つの段階を結合していることがわかる。しかしこの場合、製鉄業の基幹過程は前半部分にあることに注意しなければならない。まさに鉱石から金属鉄を抽出することこそが、製鉄業の基本的特徴であるからである。

〔2〕労働手段の発展段階 つぎに、労働過程の類型のそれぞれに対応する労働手段の基本的性格を説明しなければならない。ここでは採取過程の場合をしばらくおき、さしあたり必要な助成過程と加工過程の労働手段を対比してみよう。

まず、「生産の筋骨系統」と特徴づけられる加工過程の労働手段には、道具と機械という2つのものが区別される。そして、機械は道具の発展形態、つまり人間の手の道具が一機構上の道具に転化したものであるという『資本論』の規定は<sup>8)</sup>、一般に承認されているところである。したがって、加工過程の労働手段としての機械と道具のあいだの区別はすでにあきらかである。しかるにこれに対して、「生産の脈管系統」とよばれる助成過程の労働手段には<sup>9)</sup>、一般に「装置」(あるいは「容器」)だけがあげられている<sup>10)</sup>。しかしこのような通説に対しては、すでに三戸公氏から積極的な反論が提示されている。三戸氏は、通説のなかで混同されてきた「単なる容器」と「装置」という2つの概念を峻別され、機械が道具の発展形態であるのとおなじように、「装置」は「単なる容器」の発展形態であると規定されている<sup>11)</sup>。わたしもまた、このように「装置」

8) Marx, K., *Das Kapital*, 邦訳(青木書店版、長谷部文雄訳)、第1部、333ページおよび610-618ページ。

9) *Ibid.*, 邦訳、第1部、333ページ。ただし、助成過程の労働手段のすべてが「生産の脈管系統」と特徴づけられるものではない。助成過程に属する一部の産業、たとえば農業、畜産業、養殖業などでは、「容器」「装置」という労働手段を保持していない。ここでは、自然が「容器」の役割をはたしているからである。

10) さしあたり、Mataré, F., *Die Arbeitsmittel Maschine, Apparat, Werkzeug*, 1913, 邦訳「技術構成と経済」(慶応書房刊、中野研二訳)、第1部; 馬場敬治「化学工業経済論」1948年、第5章を参照。

11) 三戸公、前掲書、第1章参照。

と「単なる容器」という2つの概念を区別する考え方にまったく賛成である。したがってここでは、「装置」を「単なる容器」の発展形態として、つまり人間の手から一機構上に移された「容器」とであると規定する。

つぎに、いま性格規定したような機械と「装置」をそれぞれ一体系として説明してみよう。いうまでもなく、体系としての機械および「装置」こそは工場制生産の骨格をなすものである。ところで、機械体系という場合、同種機械の協業体系と異種機械の分業体系という2つのものが区別されねばならないことはすでに周知のことである<sup>12)</sup>。したがって、ここでとくに説明しなければならないのは、このような機械体系に対応する「装置」の発展形態をどのように把握するかという問題である。まず同種機械の協業化に対応する「装置」の発展は2つの形態をとる。一般的に「装置」経営が生産力を発展させる場合にとる方向は、まず第1に単一「装置」の容量拡大である<sup>13)</sup>。このことは、なによりも理論的には「容量を3乗にまで大規模化するには容器の表面すなわち壁をただ2乗にまで拡大すればよい」<sup>14)</sup>ということに、したがって実践的には単位能力あたりの建設費の低下に、そのもっとも大きな根拠をもっており、さらにまた単位あたりの補助材料および労働力の節約によっても促進されている<sup>15)</sup>。しかし、単一「装置」の容量拡大にも、ある一定の技術的発展段階にはつねにある一定の最大限が与えられている。そこでこの限界をこえて生産力を発展させるために、単一「装置」の容量拡大とならんでさらに「装置」の協業化が志向される。これが第2の発展形態である。そしてそれは同時にまた、単一「装置」の容量拡大という形態だけでは実現できない生産の連続性を確保するための手段ともなっていることが特徴的である<sup>16)</sup>。

つぎに、機械の分業体系に対応する「装置」の発展形態であるが、これについては基本的に機械の分業体系の形態とかわりないと考えられる。ただこの場

12) Marx, *op. cit.*, 邦訳, 第1部, 619-625ページ。

13) 三戸公, 前掲書, 33-34ページ。

14) Mataré, *op. cit.*, 邦訳, 99ページ。

15) 三戸公, 前掲書, 34ページ。

16) 同上, 34-35ページ。

合、「装置」の分業体系といっても、かならずしも相関連する諸過程の各段階すべてに異種の「装置」が分業体系を構成するわけではなく、むしろいくつかの諸過程のうちで助成過程としての基幹をなす部分過程にのみ「装置」が位置し、その前後には基幹過程を補完するための機械体系が結合されるというかたちをとるのが一般的であろう。これが「装置」の分業体系である。

以上でわたしは、一体系としての機械および「装置」についての一般的な考え方を整理してきた。いうまでもなく、これこそが工場制生産の骨格をなすものであり、したがってまた資本制経営としての工場をマニュファクチュアから峻別する基準にほかならない。

### Ⅲ 製鉄業の労働手段——その1——

〔1〕 熔鉱炉の基本的性格 熔鉱過程 *smelting* と精錬過程 *refining* という2段階方式によって可鍛鉄をえる、現在のような製鉄方法＝間接製鉄法がイギリスへ導入されたのは、15世紀末期であるが<sup>17)</sup>、この方法の第1段階での基本的労働手段はいうまでもなく熔鉱炉である。まずはじめに、この労働手段の基本的性格を説明しなければならない。ところで、製鉄の歴史とともに古くおよそ15世紀末まで支配していた直接製鉄法における労働手段は、一般に発展した形態においては2つの炉と1つのハンマーから成立っていた。ここでは、まず塊鉄炉 *bloomhearth* で鉄鉱石が木炭の燃焼によって還元され、海绵状あるいはあめ状の塊鉄がえられた。つぎにこの塊鉄は加熱炉 *stringhearth* でくりかえし加熱され、ハンマーで鍛錬されて棒鉄に仕上げられた。そこで問題は塊鉄炉の構造——加熱炉の構造もほとんどおなじであり、小規模な作業場では前者が後者のかねることが多かった——であるが、それは1基の平炉形の熔解炉と1対の送風用ふいごとから成立っていた。ここでの基幹労働者は熔鉱過程全体に責任を負う造塊工 *bloomer* であり、かれは鉄棒をもって鉱石と木炭をかき混ぜながら熔鉱作業をおこなった。さらに4人の送風工 *blowers* がおり、

17) Schubert, *op. cit.*, Introduction, pp. ix-x.



ふいごによる送風作業に従事していた。これが塊鉄炉の構造とその作業内容である<sup>18)</sup>。こうしてここでは、単なる動力としての送風機能と炉の本来的な操縦機能<sup>19)</sup>とがそれぞれ別々の労働者によっておこなわれているが、ここでとくに重要なことは後者の機能が終始造塊工の手作業とかれの技能に依存していることである。このような性格をもつ塊鉄炉の労働手段としての発展段階は、もちろんまだ「単なる容器」の段階であったといわなければならない。

さてこれに対して、熔鉄炉の構造は2つの点で変革されている。それはまず、もっとも初期においても水力送風という機械の段階の送風機構によってささえられている<sup>20)</sup>。これが熔融状態の鉄鉄を作り出す基本的条件である。第2に、それはシャフト形の炉体をもっており、鉄石の還元をいわゆる対向流の原理 *co-intercurrent principle* を利用して実現する。すなわち、一方では炉の下部から送風・加熱されたガスを上昇させ、他方では大量の鉄鉄石と燃料を上部から連続的に装入して、これらの上昇するガスと下降する装入物との熱交換および化学反応をおこなわせるのである<sup>21)</sup>。いうまでもなく、この過程は熔鉄炉のシャフトの内部で自動的に進行するわけであり、この過程へはもはや労働者が手作業をもって介入する余地はない。したがって、熔鉄過程に直接かかわる作業は、もっぱら炉内での労働対象の自己変化の状態を監視し、その変化に応じて炉を調整するといういわゆる監視的作業に重点をうつしている。こうして、単なる動力としての機能のみではなく、炉の本来的な操縦機能もいまや炉体をささえる機構＝送風機構のうちに吸収されてしまっている。このような性格をもつ熔鉄炉の労働手段としての発展段階は、さきに示した塊鉄炉のそれとははっきり段階を画しており、その意味で熔鉄炉はすでに機械の段階の労働手段、つまり「装置」として成立しているといえることができる。このような熔鉄炉がイ

18) *Ibid.*, Chaps. VIII and IX.

19) Marx, *op. cit.*, 邦訳, 第1部, 614ページ。

20) 送風用動力が人力から水力に移行したのは、13世紀以降、とりわけ14世紀半ば以降のことである (Schubert, *op. cit.*, pp. 133-137)。

21) *Ibid.*, p. 236. また熔鉄炉が成立するプロセスについては、さしあたり中沢護人「鋼の時代」(岩波新書) 1964年, 36-40ページを参照。

ギリス製鉄業へ導入されたのは遅くとも15世紀90年代のことである<sup>22)</sup>。

〔2〕 熔鉱炉の発展 さて、熔鉱炉の発展は基本的に2つの段階にわけられる。もっとも象徴的な表現をつかって一口でいえば第1は木炭熔鉱炉の段階であり、第2はコークス熔鉱炉の段階である<sup>23)</sup>。こうして表現される発展段階が労働手段の発展のどのような内容を意味しているか、このことをこれから説明していこう。

熔鉱炉の発展の第1段階においては、燃料として木炭を使用した。木炭は石炭と異なり、鉄をもろくする硫黄のような不純物を含有せず、良質の可鍛鉄を作るのに最適の燃料である。しかし、木炭を燃料とすることは熔鉱炉の発展に大きな技術的制約をあたえていた。すなわち、熔鉱炉燃料は、炉内での送風効果を高めるために装入されるときこわれて粉状になってしまわないこと、さらにあらたに原料が装入されてくる場合その加重にたえ、炉内での反応過程なるべく固い塊状を保持することがその基本的条件とされているが<sup>24)</sup>、本来あまり高い硬度をもたない木炭は以上のような技術的条件にてらしてみると、熔鉱炉燃料としてきわめて不十分なものであった。これはなによりも炉の高さ、したがって炉容の拡大に一定の狭い限界をあたえることになっていた。事実、1550—1600年代の間には平均17—18フィートであった炉の高さは<sup>25)</sup>、1600—1650年代の間に平均22—23フィートにまで高まったが、いくつかの例外を除けば、この高さが17世紀中および18世紀においても木炭熔鉱炉での平均としてとどまっていた<sup>26)</sup>。木炭を燃料とする限り、炉容の発展にはこえられない一定の限界があったのである。このことはさらに、炉容規模の結果的表現である鉄銑の生産量に、より端的に表われている。1熔鉱炉あたりの1日の鉄銑生産量の推移を表示すると、つぎのグラフのようになる<sup>27)</sup>。これによってみるに、1600

22) *Ibid.*, pp. 161-165.

23) Ashton, *op. cit.*, Chaps. I and II.

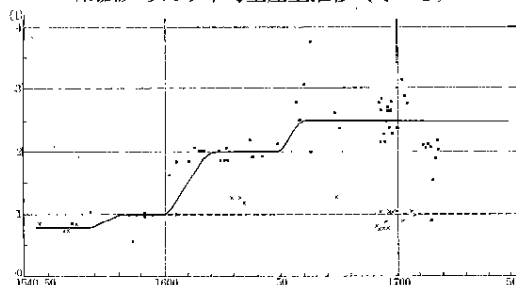
24) 大河内曉男, 前掲書, 164-185ページ。

25) Schubert, *op. cit.*, p. 199.

26) *Ibid.*, pp. 200-204.

27) *Ibid.*, Appendix IV.

## 1 熔鉱炉あたり平均生産量推移 (その1)



注 1) このグラフは、Schubert, H. R., *History of the British Iron and Steel Industry*, 1957, Appendix IV より作成。これは1日あたりの平均生産量を表示している。

2) ×印はサセックス(ウィールド地方)での、・印はその他の諸地域での日生産量の事例を表示している。点線および実線はこれにもとづいて、それぞれサセックスおよびその他の諸地域での日生産量の傾向的推移を示したものである。実線で表わされる生産量が一般的な発展水準である。

年以前にはせいぜい1トンの日生産量が1600年以後50年の間に2—3トンにまで上昇したが、いくつかの例外的事例のほかに3トンをこえる場合はなかった。1700年ごろには圧倒的多数の事例がほぼ2.5トン前後を示していた。他方、発展の発端になったサセックスでは、16世紀中葉から18世紀にいたるまで一貫して1トン前後の日生産量を示し、ほとんど発展のあとがみられ

なかった。こうして、木炭に燃料を依存する熔鉱炉は、炉容規模を、したがってその生産力を著しく低く限界づけられていたことをうかがい知ることができる。

ところでさらに、「装置」は機械の場合の協業化に対応して、まず第1に単一「装置」の容量拡大という形態をとることをあきらかにした。しかしここでは、熔鉱炉はすでに「装置」であるにもかかわらず、燃料に木炭を使用している限り炉容規模とその生産力の発展を大きく制約されており、一定の発展程度に達したのちにはそれ以上の発展はほとんどみられないことがわかった。木炭を燃料としている段階の熔鉱炉は、いまだ自由に炉容を拡大するという「装置」本来の発展形態を志向できないものだったのである。

しかしこうして、木炭の技術的条件が熔鉱炉の発展を制約していたとすれば、ここで当然、なぜ硬度の低い木炭にかえて硬度のより高い石炭を燃料とすることができなかったのかという問題が生ずる。しかも、17世紀はじめから18世紀にかけてなされたいくつもの石炭熔鉱の試みがいずれも失敗している<sup>28)</sup>ことを

28) Ashton, *op. cit.*, pp. 9-12.

考えるとき、この石炭熔鋳を阻止した要因こそが熔鋳炉の発展をおしとどめていたものであると考えられねばならない。さらにこの事情を説明しておく必要がある。

石炭を燃料として熔鋳する場合、少なくとも2つの問題を解決しなければならなかった。第1に、石炭は木炭のもたない不純物、とくに硫黄を含有しており、それは鉄をもろくして鍛造しえないものにした。したがってまずこれを処理しなければならなかった。もちろん硫黄は、石炭をコークス化して揮発分を除去すれば、ある程度事前に除去されえた。しかしその場合にも、いく分かの硫黄が熔鋳中に混入することはさけられないのであり、これをどう処理するかという問題はやはりのこされていた<sup>29)</sup>。第2の問題は、石炭よりも一そう燃えにくくなったコークスをいかにして有効に燃焼させるかということであった。まずいうまでもなく、燃えにくいコークスを燃焼させるためには、強力で接続的な送風によって高温を確保することが必要である。しかし、当時の発展段階の送風機構、すなわち水車によって駆動されるふいごでは、この条件をみたすにはきわめて不十分であった<sup>30)</sup>。さらに、熔鋳中に混入する硫黄は鋳滓が一定の条件をみたすとき除去することが可能である。すなわち、鋳滓が十分な量の石灰分を含有しており、しかも必要な高温に保持されるとき、硫黄はカルシウムとの化合物(CaS)を作って除去されうる<sup>31)</sup>。たしかに、この段階においてはすでに脱硫に必要な石灰分は熔剤としての石灰石によって確保されていた。しかし、脱硫に必要な高温は、この段階の送風機構ではやはり確保しえなかった<sup>32)</sup>。こうして、この段階の送風機構の技術的限界に規定されて、石炭熔鋳を実現するための2つの問題はいずれも未解決でのこされていたのであり、熔鋳炉燃料を木炭に依存することを余儀なくされていたのである。

送風機構が動力源を水力に依存していることは、熔鋳炉の発展に対してさら

29), 30) *Ibid.*, p. 31; Scrivenor, H., *A Comprehensive History of the Iron Trade from the Earliest Records to the Present Period*, 1841, p. 82; 中沢護人, 前掲書, 51-52ページ。

31) U. S. Steel Corporation, *The Making, Shaping and Treating of Steel*, 1951, 邦訳「鉄鋼製造法」(丸善刊, 日本鉄鋼協会訳) 上, 274ページ; 中沢護人, 前掲書, 51ページ。

32) 中沢護人, 前掲書, 63ページ。

にもう1つの技術的制約をあたえていた。この段階においては、炉の存立自体が河川が存在およびその自然条件につよくしばられている上に、1つの場所の落流で1基の炉を操業する以上の水力を確保することはきわめて困難であった<sup>33)</sup>。したがって、単純な水力送風の段階の製鉄所は1基の炉しかもたない場合が普通であった。さらに、「装置」も容量拡大によって可能な限界をこえて生産力を発展させようとするとき、協業化の方向を志向することを説明したが、水力送風の段階の熔鋳炉は、このように協業化という側面においても「装置」本来の発展形態を志向しえないものだったのである。

以上でわたしは、木炭熔鋳炉の構造とその欠かんを説明し、木炭熔鋳炉の労働手段としての発展段階を規定しようとつとめた。それによって、熔鋳炉はすでに「装置」であるにもかかわらず、炉容規模の拡大という側面でも協業化という側面でも、まだ「装置」本来の発展形態を志向できない段階にあることがわかった。これはいわば体系的ではなく単独に作業場にとり入れられた機械の段階に対応するものというべきであり、したがってまた厳密には体系化した機械を前提としない作業場がいまだ工場とはいえないのとおなじように、単純な水力送風を前提とした木炭熔鋳炉にもとづく作業場は工場とはいえないのである。それはまだマニュファクトリアであるといわねばならない。

そこでつぎに、すでに提示された構造上の欠かんがどのようにして克服されて、熔鋳炉の新しい発展段階が展開するかを説明しよう。解決されねばならないのは、コータス熔鋳を可能にするような強力で持続的な送風機構をいかにして作り出すかということである。送風機構は基本的に送風機と動力機とから成立っているが、これにしたがって送風機構の発展は2つの段階をとっておこなわれた。まず第1におこなわれたのは送風機の改良である。17世紀末から18世紀にかけて、より強力な空気圧搾力をもつ木製のふいがそれまでの革製のふ

33) Schubert, *op. cit.*, Appendix V; Scrivenor, *op. cit.*, pp. 360-361. もちろんこれに対して例外的な場合がなかったわけではない。たとえば、1716年以降のコールブルックデール製鉄所の場合 (Cf., Raistrick, A., *Dynasty of Iron Founders. The Darbys and Coalbrookdale*, 1953, Chap. VII). なお送風を水力に依存することから生ずるもう1つの重要な技術的制約、すなわち操業の間けつ性の問題については、紙幅の関係でここでは説明を割愛せざるをえない。

いごにかわって採用されるようになったが<sup>34)</sup>、これが改良の第1であった。しかし、送風機のより一そうの発展は、ふいごにかわる送風シリンダーの採用によってもたらされた。最初の鑄鉄製送風シリンダーは1760年 J. スミートンによって設計され、キャロン製鉄所に設置されたといわれるが、これによって送風機構の空気圧搾力と持続性はより強力で確実なものとなった<sup>35)</sup>。しかし、スミートンの送風シリンダーも導入後しばらくは依然として水力によって駆動されざるをえなかった。このように動力を水力に依存する限り、送風シリンダーもその力を十分に発揮することはできなかった。いうまでもなく、つぎになされねばならなかったのは動力機の変革である。1775年に実験段階から実用段階に移った J. ウォットの蒸気機関が、揚水目的以外へのその最初の適用として、1776年 J. ウィルキンソンのウィリー製鉄所で送風シリンダー駆動用に結合されたとき、送風機構の発展は新しい段階を画すことになった<sup>36)</sup>。ふいごから送風シリンダーへの発展は、より一そう圧力の高い送風をおこなう基礎を作り出したが、それを十分に発揮させるためには動力源を水力から蒸気力に転換することが必要だったのである。

蒸気力送風の導入によって、木炭熔鉱炉は最終的にコークス熔鉱炉にとってかわられた。もちろん歴史的には、コークス熔鉱は蒸気力送風が確立するまえにすでにいくつかの製鉄所で先駆的におこなわれていた<sup>37)</sup>。しかし、蒸気力送風が導入されるまではコークス熔鉱はまだ木炭熔鉱に決定的に勝利することはできなかったものであり、その意味で新しい送風機構の確立はコークス熔鉱の勝利を決定的にするものであったのである<sup>38)</sup>。ところで、燃料としてのコークスは木炭よりもはるかに硬度が高く、このことがもたらした効果は大きかった。

34) Schubert, *op. cit.*, p. 208.

35) *Ibid.*, p. 332; Ashton, *op. cit.*, p. 37; Scrivenor, *op. cit.*, p. 82.

36) Schubert, *op. cit.*, p. 333; Ashton, *op. cit.*, pp. 69-71; Scrivenor, *op. cit.*, pp. 89-92.

37) Ashton, *op. cit.*, pp. 28-30, 36-37.

38) 1790年には81基のコークス熔鉱炉があったが、このうち2基を除けばすべて1750年以後に建設されたものであり、さらに約半数の39基が1780年以後に建設されたものである。他方、25基の木炭熔鉱炉のうち3基は1750年代に建てられたものであるが、その他はすべてそれ以前のものである (Scrivenor, *op. cit.*, pp. 359-361)。

## 1 熔鉱炉あたり平均生産量推移 (その2) (単位: t)

年	総生産量	熔鉱炉基数	一基あたり 年平均生産量	一基あたり 週平均生産量
1788	53,800	59	912	18
1796	125,079	124	1,009	20
1806	243,851	161	1,515	30
1825	581,367	261	2,227	45
1828	703,184	277	2,539	51
1840	1,396,400	402	3,474	69
1852	2,701,000	497	5,435	109
1860	3,826,752	582	6,575	132
1870	5,963,515	664	8,981	180
1880	7,749,233	567.5	13,655	273

- 1) この表は、Meade, R., *Coal and Iron Industries of the United Kingdom, 1882*, Appendix II より作成。ただし、1825年および1828年は、Scrivenor, *op. cit.*, p. 135 による。
- 2) 1788年および1796年の基数は総基数を表わしているが、それ以後の基数は稼働基数である。また、1788年の基数はコークス熔鉱炉のみを表わしているが、それ以後の基数には木炭熔鉱炉も含まれている。ただしそれは僅少である。
- 3) 週平均生産量は、1年間を50週として計算してある。

木炭熔鉱の段階では、木炭の硬度の低さが炉容の拡大に対する決定的な制約として作用していたことはさきにのべた。いまやこの制約がコークスの装入によって打破されることになったのである。コークス熔鉱の確立以後、熔鉱炉の規模がいかに急速に拡大方向をたどるようになっていくかは、上に示す1熔鉱炉あたりの平均週生産量の動向によってうかがい知ることができる。ここから、以前の段階とくらべての熔鉱炉の発展形態の変化をはっきりとよみとることができる。熔鉱炉はこの段階に入ってはじめて、自由に炉容を拡大するという「装置」本来の発展形態を志向できるものとなったのである。

蒸気力送風の導入は、前段階の熔鉱炉のもっていたもう1つの技術的制約も除去した。送風用動力源が河川の自然条件からまったく解放されたこの段階においては、自由に1つの場所に複数の炉をたてることができるようになった。この結果、蒸気力送風の段階になると、2ないし4基の炉をもって構成される製鉄所が一般的になってきた<sup>39)</sup>。熔鉱炉は、協業化という側面においても「装

39) Scrivenor, *op. cit.*, pp. 131-134, 359-361.

置」本来の発展形態を志向するものとなったのである。

以上でわたしは、労働手段としての熔鋳炉の発展段階を確定するために、第1段階で木炭熔鋳炉の構造と欠かんを説明し、第2段階ではその構造上の欠かんがどのようにして克服されるかを説明した。この結果、熔鋳炉は蒸気力送風の導入によってはじめて、炉容の拡大という側面でも協業化という側面でも、「装置」本来の内容をえることがわかった。そして、熔鋳炉経営が厳密な意味で工場として成立するのもこの段階においてなのである。

#### IV 製鉄業の労働手段——その2——

〔1〕 精錬炉・はねハンマーの体系 塊鉄炉で、可鍛鉄が直接にえられるのではなくて、まずはじめに可鍛性のない銑鉄がえられるようになる<sup>40)</sup>、これをさらに可鍛鉄にかえる方法が案出されねばならなかった。銑鉄は炭素の多い鉄であり、可鍛鉄は炭素の少ない鉄であり、したがって銑鉄中の炭素を酸素で燃やして除去すれば可鍛鉄に変るわけであるが、15世紀の製鉄業者はまったく経験的にこれを実現する方法をみいだした。すなわち、それまでの塊鉄炉を利用して、そこで木炭を燃料として銑鉄をとかし、さらに過剰な酸素で銑鉄を脱炭する技術が作り出された<sup>41)</sup>。

この過程は、イギリスでは一般に2つの炉と1つのハンマーを労働手段としておこなわれた<sup>42)</sup>。まず精錬炉 fineryで銑鉄が溶解され、送風によってもたらされる酸素で脱炭される。こうしてできた半熔状の可鍛鉄の塊は、はねハンマー tilt-hammer で打ち固めて鋳滓をしばらく出されたのち、ふたたび精錬炉にもどされて鍛接温度(約1,400度)にまで再加熱される。精錬炉での再加熱後、鉄塊ははねハンマーで“ancony”に、つまり中央部だけを棒状に引きのばし両端にはまだ円塊状の隆起をのこした、約3フィートの棒鉄に鍛造される。さらにこの“ancony”はこんどは加熱炉 chafery で再加熱され、まだ引きのばさ

40) 熔融状態の銑鉄の製造を可能にした条件は水力送風の導入である。注20) 参照。

41) Schubert, *op. cit.*, p. 272.

42) *Ibid.*, p. 272.



れていない両端の円塊が中央部とおなじ棒状に鍛造されて、棒鉄に仕上げられる。このような銑鉄の精錬方法は、イギリスではそれが導入された15世紀末から18世紀の終りにいたるまで、その基本的内容を変えることなく継続した<sup>43)</sup>。そこで第1の問題は、精錬炉と加熱炉という2つの炉の構造、労働手段としての発展段階であるが、それらはさきに説明した塊鉄炉と基本におなじ構造をもっており<sup>44)</sup>、したがってそこでの作業内容も本質的に変りはなかった。もちろん送風はすでに一般に水力によっておこなわれており、銑鉄を熔解するに十分な送風力が確保されていた。しかしこれによっても、炉の本来的な操縦機能になう熔解・精錬作業は、依然として“ringer”とよばれる長い鉄棒を手にしておこなう精錬工 finer の手作業とかれの技能に依存していた<sup>45)</sup>。こうして、送風機構はすでに機械の段階に発展しているとはいえ、精錬炉も加熱炉も炉全体の構造は依然として塊鉄炉の発展段階を脱しておらず、いまだ「単なる容器」の段階にあったといわねばならない。

つぎにもう1つの労働手段であるはねハンマーについて説明しておかねばならないが、水力によって駆動されるこのハンマーはすでに機械として機能する機構をそなえていた<sup>46)</sup>。したがって、精錬過程はその一部分過程にすでに機械を包含していたことになる。しかし、機械としてのはねハンマーの採用は決して精錬過程全体を機械制生産の段階に引き上げうるものではなかった。この過程はいうまでもなく、銑鉄を可鍛鉄へ転化するという労働対象の質的变化過程にこそ労働過程としての特徴をもっているものであり、しかも過程のこの基幹部分をになう労働手段の発展段階はいまだ手工業用具の段階にあったのだからである。全過程の生産力の発展段階は窮極において基幹過程のそれによって規定されているのであり、一部分過程に機械が導入されることによってはかならずしも全過程が変革されることにはならない。精錬過程におけるはねハンマーもそのような位置にあったのである。こうして、精錬過程全体はまだマニユファ

43) *Ibid.*, pp. 282-289.44) *Ibid.*, pp. 276-280, 421-422.45) *Ibid.*, pp. 284-286.46) *Ibid.*, pp. 280-282.

・・・・・の段階にあったといえることができる。

〔2〕 パッドル炉・圧延機の体系 さてさきに、熔銑中に混入する硫黄を石灰分に富んだ銑滓によって除去するためにも高温の確保が必要であることを説明した。もちろん、この課題も蒸気力送風の導入によって最終的な解決の条件をあたえられた。この結果、コークス銑鉄も可鍛鉄に精錬することが可能になった<sup>47)</sup>。まえに熔銑炉の発展を説明したとき、蒸気力送風の導入によってコークス熔銑が最終的に木炭熔銑にとってかわることを銑鉄生産量における圧倒といういわば量的側面でのべたが、この過程は同時にコークス銑鉄が木炭銑鉄の主要な用途である鍛鉄部門を征服していくという質的な内容をももっていたのである。

さてこうして、可鍛鉄に精錬しうる銑鉄の大量生産の方向が確定したとき、銑鉄を精錬する方法もまたこれまでの精錬炉・はねハンマーの体系では著しく不十分なものとなりつつあった。したがって、製銑方法の発展に対応する精錬方法の変革が緊急に要請されていた。この要請にこたえて出現したのが、パッドル炉・圧延機体系にもとづく精錬方法であり、1780年代はじめのことである<sup>48)</sup>。

この方法における第1の革新点は、銑鉄を酸化精錬するための炉として反射炉 reverberatory furnace がもちいられるようになり、燃料として木炭にかわって石炭が利用できるようになったことである。反射炉のもっとも大きな特徴は火床部と炉床部＝熔解室とが分離しており、火焰が火橋をこえて炉床部に入り、ここを反射熱で加熱するという点にある<sup>49)</sup>。火床と炉床が分離していなかったこれまでの精錬炉では燃料と銑鉄が接触するため、硫黄を含有する石炭を燃料として使用できなかった。しかし、反射炉を利用することによって燃料と接触することなしで銑鉄を熔解することが可能になり、石炭を燃料としてもち

47) 中沢憲人、前掲書、63ページ。18世紀前半にはまだ、コークス銑鉄は木炭銑鉄にくらべて硫黄含有量のはるかに多く、良質の可鍛鉄には精錬することができなかった。そのため、コークス銑鉄はその用途をもっぱら鋳物部門に限られていた。18世紀中葉の先駆的大製鉄業者であるダービー家、ウィルキンソン家、ウォーカー家、およびキャロン会社が主としてたずさわっていたのはこの鋳物部門である (Ashton, *op. cit.*, pp. 34-36, 38-54)。

48) Ashton, *op. cit.*, p. 90; Scrivenor, *op. cit.*, p. 116.

49) U. S. Steel Corporation, *op. cit.*, 邦訳、286-287ページ。

いても硫黄の混入するおそれはなくなったのである<sup>50)</sup>。しかしこの炉においても、炭素が酸化除去され熔融点が高くなるにつれて、鉄はやはりしだいに流動性を失って半熔状になった。そこで炉内での化学反応を有効に進行させるためには、たえず熔融鉄を鉄棒で攪拌 puddle することが必要とされていた。したがって、このいわゆるパドル炉は、これまでの精錬炉にくらべての炉容の拡大、反応速度の迅速化によって生産力を著しく前進させたが、炉の本来的な操縦機能としての精錬作業は、依然としてパドル工 puddler の手作業とかれの技能に依存していた<sup>51)</sup>。したがってまた、パドル炉の炉容と生産力は攪拌作業をする労働者の肉体的能力によってつねに制約されており、炉容の拡大によって生産力を発展させるという「装置」の本質的な特徴をまだそなえていなかったことはいうまでもない。こうして、パドル炉は、労働手段の発展段階としてはいまだ「単なる容器」の段階にあったのであり、塊鉄炉や精錬炉からの決定的な発展はみだせないのである。

この方法における第2の革新点は、塊鉄を鍛造・成形するために、これまでのはねハンマーにくわえて圧延機 rollers がもちいられるようになったことである<sup>52)</sup>。圧延機がイギリスへ鉄加工用として導入されたのはおそくとも16世紀末のことであるが、1780年代にいたるまでそれはもっぱら棒鉄の截断・圧延 *slitting and rolling* のためにのみもちいられてきた<sup>53)</sup>。しかし、それはまぎれもなく機械として機能してきたのであり、1780年代以降にはさらに塊鉄の鍛造・成形過程に導入され、蒸気機関によって駆動されることによって<sup>54)</sup>、機械としてのより一そう大きな効果をあらわすことになった。そのことは、はねハンマーでは12時間に1トンの棒鉄がかるうじて製造されたのに対して、圧延機ではおなじ時間中に15トンもの棒鉄が製造されえたということに象徴的に表現されている<sup>55)</sup>。

50) Ashton, *op. cit.*, pp. 89-90.

51) *Ibid.*, pp. 91-92; Scrivenor, *op. cit.*, pp. 116-118.

52) Ashton, *op. cit.*, p. 92.

53) Schubert, *op. cit.*, pp. 304-307.

54) Ashton, *op. cit.*, pp. 74-75.

55) *Ibid.*, p. 93; Scrivenor, *op. cit.*, pp. 120-121.

ところで、こうした2つの点での革新、とりわけ後半の過程への新しい機械の導入にもかかわらず、精錬過程全体の発展段階は依然としてマニユファクチュアの段階を脱することができなかった。精錬炉・はねハンマー体系の段階とおなじように、過程の基幹部分をになうパッドル炉の労働手段としての発展段階は、いまだ手工業用具の段階にあったからである。それ自体としての生産力の点では、圧延機ははねハンマーに対比して著しく前進しているとしても、過程全体のなかではそれははねハンマーがしめたとおなじ位置にあったのである。ちなみにいえば、この精錬過程全体が機械制生産の段階に発展し、ここでも厳密な意味で工場が確立するのは、ベッセマー法にはじまる新しい製鋼法が導入される1860年代以降のことである。

## V む す び

産業革命期における製鉄業の技術的変革は、一般に「木炭から石炭への燃料転換過程」として語られている。しかし、この転換過程が製鉄業の労働手段自体の発展段階と、ひいてはさらに製鉄業経営の内部構造の変化とどのような内的関連があったのかという問題は深く追求されず、したがって製鉄業経営の発展過程におけるマニユファクチュアと工場との段階区分もあいまいなままのこされてきた。これがアシュトン以来の製鉄業発達史研究の状況であった。これに対して、以上では、いわゆる燃料転換という技術的変革を、それが労働手段の発展段階とどのような規定関係にあったのかという視点から追求してみた。その結果、等しく燃料転換といわれてきた変革も、製鉄過程と精錬過程とでは労働手段の発展に対してまったく異なった意義をもっていることがわかった。そしてさらにそれをとおして、製鉄業経営の発展過程においても、マニユファクチュアと工場との段階区分を堅持できることがわかったのである。本稿の意図していたところは、なによりもこのことである。

(1966.10.29)